

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as First Class Mail in an envelope addressed to the Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on the date indicated below.

By: Markus Nolff Date: October 31, 2003

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applic. No. : 10/673,961
Applicant : Martin Dust
Filed : September 29, 2003

Docket No. : MOH-P010032
Customer No. : 24131

CLAIM FOR PRIORITY

Commissioner for Patents,
P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Claim is hereby made for a right of priority under Title 35, U.S. Code, Section 119, based upon the German Patent Application 101 15 328.7, filed March 28, 2001.

A certified copy of the above-mentioned foreign patent application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

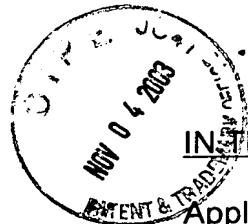
Markus Nolff
For Applicant

MARKUS NOLFF
REG. NO. 37,006

Date: October 31, 2003

Lerner and Greenberg, P.A.
Post Office Box 2480
Hollywood, FL 33022-2480
Tel: (954) 925-1100
Fax: (954) 925-1101

/av



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applic. No. : 10/673,961
Applicant : Martin Dust
Filed : September 29, 2003

Docket No. : MOH-P010032
Customer No. : 24131

ASSOCIATE POWER OF ATTORNEY

Commissioner for Patents,
P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Please recognize MARKUS NOLFF (Reg. No. 37,006) as my associate in the matter in the above-identified application, with full powers. Please continue addressing all communications to the following address:

Lerner and Greenberg, P.A.
P.O. Box 2480
Hollywood, Florida 33022-2480

Respectfully submitted,

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Laurence A. Greenberg".

For Applicant

LAURENCE A. GREENBERG
REG. NO. 37,006

Date: October 31, 2003

Lerner and Greenberg, P.A.
Post Office Box 2480
Hollywood, FL 33022-2480
Tel: (954) 925-1100
Fax: (954) 925-1101

/av

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 101 15 328.7

Anmeldetag: 28. März 2001

Anmelder/Inhaber: Framatome ANP GmbH, Erlangen/DE

(vormals: Siemens Nuclear Power GmbH,
Erlangen/DE)

Bezeichnung: Verfahren zur Ultraschallmessung von Teilschicht-
dicken dünnwandiger Rohre

IPC: G 01 B 17/02

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 13. Oktober 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Fleut", is placed here. Below the signature, the word "Fleut" is printed in a smaller, sans-serif font.

PPG

1 P010032DE

2 27. März 2001

3

4

5 **Ansprüche**

6

7 1. Verfahren zur Ultraschallmessung von Schichtdicken in
8 dünnwandigen Rohren,
9 gekennzeichnet durch
10 die Verwendung eines Hochfrequenz-Prüfkopfes (3) mit ei-
11 ner Ankoppelfläche (4), die einen planebenen Flächenbe-
12 reich aufweist, wobei dieser Flächenbereich an die mit
13 einem Koppelmedium (8) benetzte Rohroberfläche (12) in
Kontakttechnik angekoppelt wird.

15

16 2. Verfahren nach Anspruch 1,
17 gekennzeichnet durch
18 eine Ankoppelfläche (4) mit insgesamt planebener Ausges-
19 taltung.

20

21 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2
22 dadurch gekennzeichnet,
23 dass die vom Prüfkopf (3) empfangenen Echosignale in di-
24 gitaler Form aufgezeichnet und zur Verbesserung des Sig-
25 nal/Stör-Verhältnisses digital weiter verarbeitet wer-
26 den.

27

28 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-3
29 gekennzeichnet durch
30 die Verwendung für Rohre, deren Wanddicke \leq 1mm ist.

31

32 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-4
33 dadurch gekennzeichnet,
34 dass es für die Dickenmessung einer inneren oder äußeren
35 Linerschicht (2) eines Kernbrennstoff-Hüllrohres (1)

1 verwendet wird, wobei die Dicke der Linerschicht ca.
2 0,15 mm ist.
3
4
5

Beschreibung

Verfahren zur Ultraschallmessung von Teilschichtdicken dünnewandiger Rohre

6 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ultraschallmessung
7 von Teilschichtdicken an dünnwandigen Rohren. Rohre dieser
8 Art sind beispielsweise Hüllrohre von Kernbrennstoffen, die
9 eine Wanddicke von 1mm und weniger aufweisen. Außen- oder in-
10 nenseitig sind solche Rohre vielfach mit einer Duplex- oder
11 Linerschicht versehen. Die Dicke von Linerschichten beträgt
12 oft nur 0,15mm und weniger.

14 In US 4,918,989 ist ein Verfahren zu Bestimmung der Liner-
15 schichtdicke eines Kernbrennstoffhüllrohres beschrieben, bei
16 dem die Schallankopplung über eine Wasservorlaufstrecke in
17 Tauchtechnik erfolgt. Mit diesem Verfahren lassen sich jedoch
18 nur Linerschichtdicken mit ausreichender Genauigkeit bestim-
19 men, die eine Dicke von mehr als 0,4mm aufweisen.

21 Aufgabe der Erfindung ist es, ein Ultraschallverfahren vorzu-
22 schlagen, mit dem Teilschichtdicken dünnwandiger Rohre mit
23 hoher Messgenauigkeit bestimmbar sind.

25 Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des
26 Anspruches 1 gelöst. Danach wird ein Hochfrequenz-Prüfkopf
27 (HF-Prüfkopf) mit einer Ankoppelfläche verwendet, die einen
28 planaren Flächenbereich aufweist, wobei dieser Flächenbereich
29 an die mit einem Koppelmedium benetzte Rohroberfläche in Kon-
30 takttechnik angekoppelt wird. Die Verwendung von hochfrequen-
31 tem Ultraschall für messtechnische Zwecke ist zwar grundsätz-
32 lich bekannt, sie wurde aber noch nicht für die Bestimmung
33 von Schichtdicken dünnwandiger Rohre eingesetzt. Die Ankopp-
34 lung erfolgte bisher in Tauch- oder Pfützentechnik. Bei die-

1 ser Ankopplungsart ist der Einsatz von hochfrequentem Ultra-
2 schall, also Ultraschall von mehr als 40 MHz nicht möglich,
3 da Wasser solche Schallfrequenzen nur schlecht übertragen
4 kann. Aus „Ultraschallprüfung“ Springerverlag, Berlin Heidel-
5 berg 1997, S.239-241 sind Prüfköpfe für die Ultraschallprü-
6 fung von Rohren bekannt, bei denen die Ankoppelfläche eine
7 der Rohroberfläche entsprechende Krümmung aufweist. Würde man
8 solche Prüfköpfe für die in Rede stehende Messaufgabe verwen-
9 den, wäre eine äußerst exakte und aufwendige Anpassung der
10 mit einander zu kontaktierenden Krümmungsflächen erforder-
11 lich, um die Entstehung von Spalträumen und damit von stören-
12 den Echosignalen zu verhindern. Bei Verwendung eines Prüfkop-
13 fes mit einem planebenen Ankoppelflächenbereich oder mit ei-
14 ner insgesamt planebenen Koppelfläche wird dieser Effekt da-
15 gegen verhindert. Die Schalleinstrahlung erfolgt nur über ei-
16 nen schmalen etwa rechteckförmigen, durch den direkten Mate-
17 rialkontakt zwischen Prüfkopf und Rohroberfläche gebildeten
18 Flächenbereich. Außerhalb dieses Bereiches abgestrahlte
19 Schallwellen werden durch Reflexion an der gekrümmten Rohr-
20 oberfläche aus dem Strahlengang entfernt und durch Brechung
21 an der Rohroberfläche radial nach außen abgelenkt und erzeu-
22 gen keine vom Prüfkopf detektierbare Echosignale. Ein weite-
23 rer Vorteil des vorgeschlagenen Verfahrens besteht darin,
24 dass ein und der selbe Prüfkopf für die Messung von Rohren
25 unterschiedlichen Durchmessers verwendbar ist. Dagegen wären
26 Prüfköpfen mit gekrümmter Ankoppelfläche allenfalls nur für
27 einen bestimmten Rohrdurchmesser geeignet. Problematisch da-
28 bei ist noch, dass bei Rohren an verschiedenen Messstellen
29 unterschiedliche Rohroberflächen vorhanden sein können. Bei
30 dem vorgeschlagenen Verfahren dagegen ist die Qualität der
31 Rohroberfläche von untergeordneter Bedeutung, da die Ankop-
32 pelfläche ein schmales Rechteck ist.

33
34 Aufgrund des nur sehr eng begrenzten Ankoppelbereiches steht
35 nur ein Teil des vom Schwinger des Prüfkopfes erzeugten Sen-

1 deimpulses für die Messung zur Verfügung. Dementsprechend
2 weisen die empfangenen Echosignale eine verringerte Intensi-
3 tät auf.

4 Ein sich z.B. daraus ergebendes ungünstiges Signal/Stör-
5 Verhältnis lässt sich durch die Anwendung digitaler Aufzeich-
6 nungs- und Verarbeitungsverfahren, z.B. durch Überlagerung
7 von Echoimpulsfolgen, verbessern.

8
9
10 Die Erfindung wird nun anhand eines in den beigefügten Zeich-
11 nungen dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

12 Es zeigen:

13
14 Fig.1 eine Vorrichtung für ein Verfahren zur Messung der
15 Schichtdicke eines dünnwandigen Kernbrennstoffhüll-
16 rohres,

17 Fig.2 ein Detail aus Fig.1, das das Hüllrohr und einen
18 Prüfkopf vergrößert darstellt.

19
20 Fig.1 zeigt eine Vorrichtung für ein Verfahren zur Ultra-
21 schallmessung eines Kernbrennstoffhüllrohres 1. Das Hüll-
22 rohr 1 weist einen Durchmesser von 10 mm und eine Wanddicke
23 von 0,6 mm auf. Das Hüllrohr ist z.B. außenseitig mit einer
24 Linerschicht 2 versehen. Das Hüllrohr 1 und die Liner-
25 schicht 2 mit einer maximalen Dicke von 0,15 mm bestehen aus
26 Zirkoniumlegierungen, die sich in ihrer Zusammensetzung und
27 damit in ihrer Schallimpedanz voneinander unterscheiden. An
28 der Rohroberfläche ist ein Ultraschallprüfkopf 3 mit einer
29 planebenen Ankoppelfläche 4 angeordnet. Die vom Ultraschall-
30 prüfkopf 3 empfangenen Echosignale werden von einem Ultra-
31 schallprüfgerät 5 aufgenommen und von einem digitalen Oszil-
32 loskop 6 in Form beispielsweise eines HF-Bildes aufgezeich-
33 net. Zur Weiterverarbeitung der Daten des HF-Bildes ist an
34 das Oszilloskop 6 eine DV-Anlage, beispielsweise ein PC 7
35 angeschlossen.

1
2 Die Ankopplung des Prüfkopfes 3 an die Rohroberfläche er-
3 folgt in Kontakttechnik, wobei die Rohroberfläche mit einem
4 üblichen Koppelmedium, beispielsweise Wasser, Öl oder Glyce-
5 rin benetzt ist.

6
7 Wie insbesondere Fig.2 zu entnehmen ist, beschränkt sich das
8 auswertbare Schallbündel 10 auf einen schmalen, durch die
9 Kontaktfläche 11 zwischen der Rohroberfläche 12 und der An-
10 koppelfläche 4 vorgegebenen Bereich.

11
12 Die sich an die Kontaktfläche 11 beidseitig nach außen an-
13 schließenden Spalträume 14 sind zumindest zu einem gewissen
14 Teil ebenfalls mit Koppelmedium 8 gefüllt, was sich aus prak-
15 tischen Gründen kaum vermeiden lässt. Durch diese Spalträume
16 entstehen grundsätzlich störende Echosignale, die die
17 Schichtdickenmessung beeinträchtigen können. Durch die ge-
18 wählte Geometrie einer ebenen Ankoppelfläche 4 werden diese
19 Störungen stark gedämpft. Ein außerhalb der Kontaktfläche 11
20 eingestrahlter Ultraschall-Strahl 15 wird aufgrund der Rohr-
21 krümmung 12 nicht wieder zu seinem Ausgangspunkt zurück re-
22 flektiert. Das in planparallelen Spalten bekannte, lang an-
23 haltende „klingeln“ entsteht nicht. Dieser Effekt kann mit
24 einer der Rohrkrümmung angepassten Kontaktfläche erreicht
25 werden.

26
27 Eine von der Ankoppelfläche 4 außerhalb der Kontaktfläche 11
28 abgestrahlte und durch die verhältnismäßig lange Koppelmedi-
29 umstrecke in den Spalträumen 14 verbreiterte und daher für
30 die Messaufgabe nicht geeignete Schallwelle 13 wird aufgrund
31 der durch die planebene Ankoppelfläche 4 und die gekrümmte
32 Rohroberfläche 12 vorgegebenen Geometrie radial nach außen
33 abgelenkt, erzeugt also kein das Messergebnis störendes Echo-
34 signal. Im Bereich der Kontaktfläche 11 wirkt sich das Kop-
35 pelmedium auf die Schallankoppelung nicht störend aus, da

1 hier praktisch nur ein direkter Materialkontakt vorliegt und
2 das Koppelmedium im wesentlichen nur die durch die Rauhigkeit
3 der miteinander in Kontakt stehende Oberflächen gegebenen
4 mikroskopischen Hohlräume füllt. Diese Hohlräume stören aber
5 die Schallankopplung nicht, da sie Abmessungen aufweisen, die
6 weit unterhalb einer Wellenlänge des HF-Ultraschalls liegen.

7
8 Das Verfahren kann selbstverständlich auch angewendet werden
9 zur Messung von Wanddicken (Gesamtdicken der Rohrwand). Wei-
10 terhin sind selbstverständlich auch die Schichtdicken von
11 mehrfach geschichteten Rohren mit dem Verfahren messbar.

12
13 Aufgrund des eng begrenzten auswertbaren Schallbündels 10
14 sind die empfangenen Echos entsprechend schwach. Durch Anwen-
15 dung digitaler Signalverarbeitungstechniken kann jedoch bei-
16 spielsweise das elektronische Rauschen durch homologe Überla-
17 gerung mehrerer Ultraschallschüsse herausgefiltert werden.
18 Darüber hinaus lassen sich auch beispielsweise durch unvoll-
19 ständige Dämpfung des Prüfkopfes oder durch Transversalwellen
20 hervorgerufene Störsignale mit Hilfe der genannten Technik
21 unterdrücken oder zumindest verringern, wodurch das Sig-
22 nal/Stör-Verhältnis verbessert werden kann.

2
3
Zusammenfassung4
5
6
7
8
9
10
Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ultraschallmessung
von Schichtdicken in dünnwandigen Rohren. Das Verfahren
zeichnet sich dadurch aus, dass ein Hochfrequenz-Prüfkopf mit
einer Ankoppelfläche 4 verwendet wird, die einen planebenen
Flächenbereich aufweist. Dieser Flächenbereich ist an die mit
einem Koppelmedium 8 benetzte Rohroberfläche 13 in Kontakt-
technik angekoppelt.

11

12

Bezugszeichenliste

- 1 H \ddot{u} llrohr
- 2 Linerschicht
- 3 Ultraschallpr \ddot{u} fkopf
- 4 Ankoppelfl \ddot{a} che
- 5 Ultraschallpr \ddot{u} fger \ddot{a} t
- 6 Oszilloskop
- 7 PC
- 8 Koppelmedium
- 9 Kontaktfl \ddot{a} che
- 10 Schallb \ddot{u} ndel
- 11 Kontaktfl \ddot{a} che
- 12 Rohroberfl \ddot{a} che
- 13 Schallwelle
- 14 Spaltraum
- 15 Ultraschall-Strahl

Fig. 1

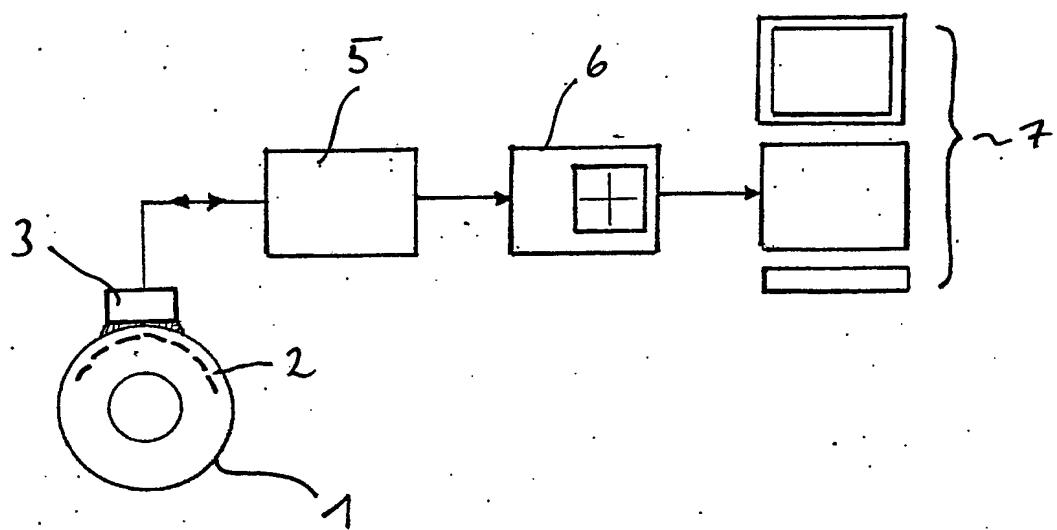


Fig. 2

